

Комп'ютерне моделювання природоохоронних процесів

МОДЕЛЮВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ ДЛЯ ОЦІНКИ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ В УМОВАХ МІСТА

Антоненко Ю.М., Шахновський А.М.

Національний технічний університет України «КПІ», anjulia@ukr.net

Темпи розвитку світового автомобільного парку постійно збільшуються і нині складають в розвинених країнах 8-15% на рік. Ця тенденція спостерігається і в Україні; в деяких регіонах нашої країни зростання автопарку відбувається інтенсивніше за середньосвітове. Автомобільний транспорт є основним джерелом шкідливого впливу на зовнішнє середовище у великих містах. Так, за наявними даними частка забруднення атмосфери легковим автомобільним транспортом в місті Києві наближається до 70%. Отже, зростання кількості автомобілів на вулицях не може не вплинути на погіршення стану довкілля і, відповідно, стану здоров'я жителів міст.

В такій ситуації проблема зниження негативного впливу автотранспорту на навколишнє середовище в містах висувається на перший план. Ця проблема є комплексною і передбачає постановку ряду науково-дослідницьких задач, серед яких:

- 1) виявлення механізму формування токсичних викидів в атмосферу автотранспортними потоками у великому місті та дослідження зв'язку цього механізму з об'ємами використовуваного палива;
- 2) дослідження залежності режимів руху транспортних потоків від кількості пального, що спалюється;
- 3) розробка програмно-апаратних засобів для контролю та оцінки рівня забруднення повітря автомобільним транспортом.

Виходячи із специфіки проблеми, в даній роботі у якості предмету дослідження було виділено динаміку транспортних потоків; витрат палива потоками автотранспорту; забруднення атмосфери автотранспортними потоками.

Математична модель автотранспортного потоку на багатосмуговій дорозі являє собою систему рівнянь, які пов'язують нормовані динамічні характеристики транспортного потоку (інтенсивність, щільність, швидкість) на кожній смузі дороги з параметром моделі k [1-3]. Однорідний автотранспортний потік являє собою потік, в якому виключені обгони, вплив світлофорів та виконуються умови неперервності.

Модель однорідного транспортного потоку характеризується:

- динамічними показниками;
- статистичною структурою потоку;
- характером залежності цих показників від часу.

Щільність потоку $q(t, x)$ та його інтенсивність $N(t, x)$ пов'язані співвідношенням:

$$v(q) = \frac{dN}{dq}, \quad (1)$$

де $v(q)$ – швидкість автотранспортного потоку, км/год.

Необхідність безпеки руху приводить до того, що при збільшенні щільності потоку q водії зменшують швидкість руху v , тому швидкість v суттєво залежить від щільності. На рис. 1 представлені проміжні результати моделювання автотранспортного потоку в залежності від обраного параметра моделі k .

Практичний інтерес представляє також залежність сумарних витрат палива транспортним потоком на заданій ділянці вулично-дорожньої мережі від його динамічних характеристик, зокрема від швидкості або щільності.

Питомі витрати палива автотранспортного потоку на односмуговій дорозі можна виразити формулою:

$$Q_1 = q_1 \cdot v_1 \cdot Q_s(v_1) = N_1 \cdot Q_s(v_1), \quad (2)$$

де Q – питомі витрати палива автотранспортного потоку, л/(км год); q_1 – щільність потоку на односмуговій дорозі, авт/км; $v_1=F(q_1)$ – швидкість потоку на односмуговій дорозі, км/год; N_1 – інтенсивність потоку на односмуговій дорозі, авт/год.

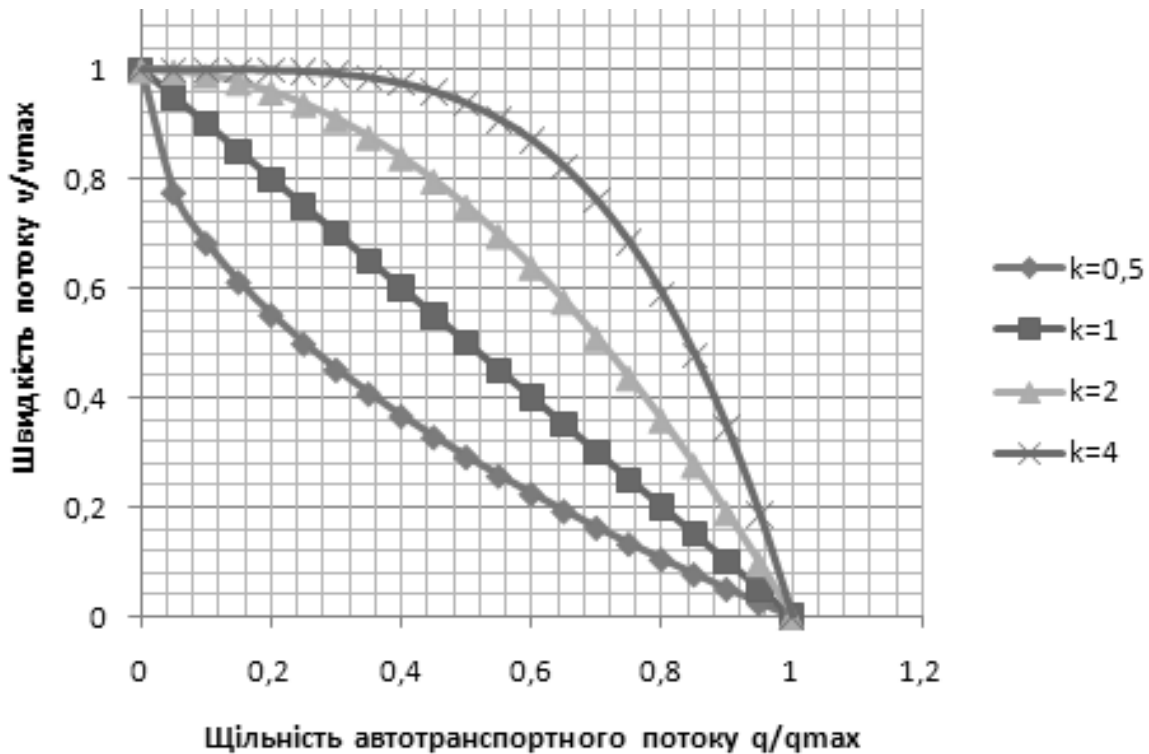


Рис. 1 Залежність швидкості автотранспортного потоку від його щільності

Зауважимо, що формула (2) не враховує структуру транспортних потоків; типізацію елементів дорожно-вуличної мережі міста по динамічним характеристикам; добову та сезонну інтенсивність автотранспортного потоку; роботу системи управління рухом міста.

В рамках представленої роботи було побудовано математичну модель, що описує залежність витрат палива від динаміки транспортного потоку. В основу цієї математичної моделі було покладено співвідношення (2). Аналіз виразу (2) показує, що питомі витрати палива автотранспортним потоком на односмуговій дорозі можна виразити через одну із характеристик потоку: швидкість v_1 , щільність q_1 та інтенсивність N_1 . Були розглянуті всі варіанти і виявлено, що найбільшу практичну цінність має формула залежності питомої витрати палива від інтенсивності.

Методологічною основою вирішення задач оптимізації технічних систем є теорія дослідження операцій, що широко використовує принципи системного підходу. Відповідно до цієї теорії, ефективність роботи транспортного потоку повинна базуватися на прийнятому критерії ефективності. Існує багато підходів до формування загальних оцінок ефективності, але найбільш поширеною є лінійна форма оцінки:

$$\varphi = \sum_{i=1}^m \beta_i g_i, \quad (3)$$

де g_i – окремий нормований показник ефективності; β_i – вагові коефіцієнти, що відповідають умові $\sum_{i=1}^m \beta_i = 1$; m – кількість окремих показників ефективності.

Слід зауважити, що в предметній області, що вивчається, поки що не склалися чіткі правила вибору показників ефективності.

В даній роботі визнано за доцільне використати наступні окремі нормовані показники ефективності [1]:

- 1) енергетичний коефіцієнт корисної дії транспортного потоку, що характеризує виконану потоком корисну роботу;

- 2) паливний коефіцієнт корисної дії транспортного потоку, що характеризує ефективність витрати потоком палива;
- 3) екологічний коефіцієнт корисної дії транспортного потоку, що характеризує роботу потоку з екологічної точки зору.

На рис. 2 представлено залежність енергетичного коефіцієнта корисної дії транспортного потоку від нормованої швидкості потоку для значення параметра моделі $k=1$. Як можна бачити, максимум кінетичної енергії очікується при значенні нормованої швидкості автотранспортного потоку $v/v_{\max}=0,67$.

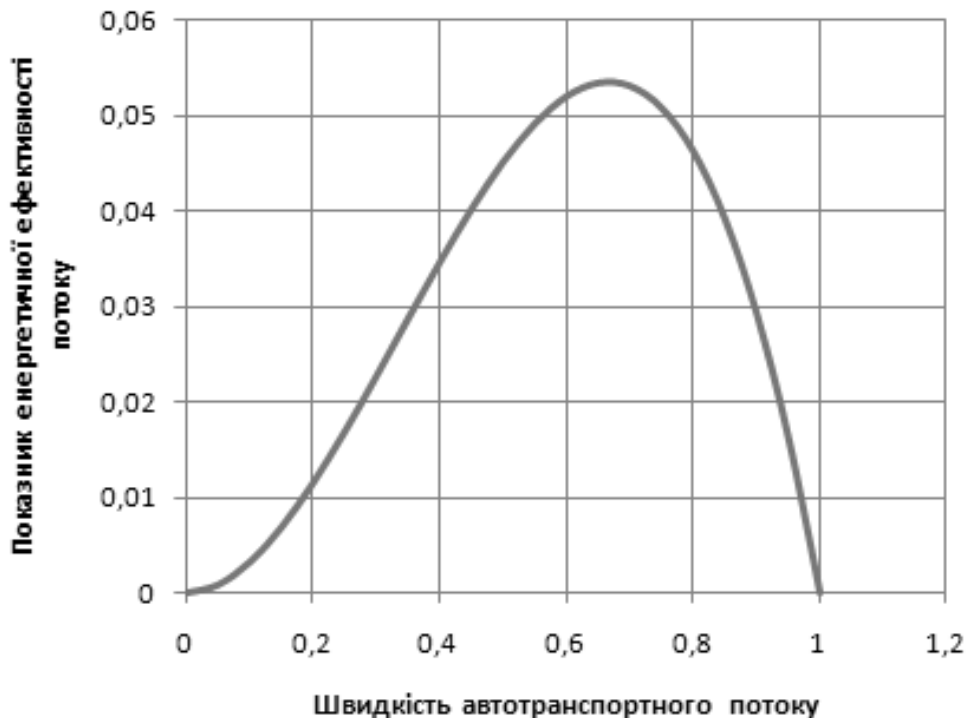


Рис. 2 Залежність енергетичного коефіцієнта корисної дії транспортного потоку від нормованої швидкості потоку

Зауважимо, що кінетична, паливна та екологічна ефективність досягаються різними методами, тому доцільне введення загального критерію ефективності автотранспортного потоку.

Практичною метою подальших досліджень щодо особливостей автотранспортних потоків на дорожно-вуличній мережі великого міста є знаходження умов підвищення ефективності їх роботи, зниження шкідливого впливу автомобільних потоків на оточуюче середовище.

1. Колесов В.И., Колесников С.П., Колесов Г.В. Динамические характеристики однородного транспортного потока. [Текст] // Транспортные проблемы Западно-Сибирского нефтедобывающего комплекса. – Тюмень, 2002. – С. 130-136.
2. Семенов В.В. Математическое моделирование транспортных потоков мегаполиса [Текст]: Препринт № 34/ Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН. — М., 2004.
3. Сисюк Г.Ю., Мотолига О.М., Скриль І.К. Імітаційна модель транспортного потоку на перехресті [Текст]. // Вісник КДПУ імені Михайла Остроградського. – Випуск 1/2009 (54). – Частина 1. – С. 28-32